

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **09129612 A**

(43) Date of publication of application: **16.05.97**

(51) Int. Cl

**H01L 21/3065**

**C23F 1/12**

**C23F 4/00**

(21) Application number: **07302139**

(71) Applicant: **TOKYO ELECTRON LTD**

(22) Date of filing: **26.10.95**

(72) Inventor: **KOSHIISHI AKIRA**

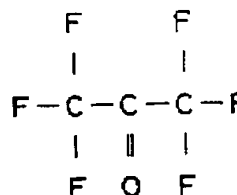
## (54) ETCHING GAS AND ETCHING METHOD

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To facilitate a dissociative control and to improve an etching rate and an aspect ratio by using the etching gas shown by a specific structural formula.

SOLUTION: The etching gas indicated by the structural formula I is used. The chemical formula of this etching gas is  $\text{CF}_3\text{COCF}_3$ , and it is colorless and odorless gas having the chemical name of hexafluoroacetone(HFA), its boiling point is  $-26^\circ\text{C}$ , its vapor pressure is 4525.0mmHg ( $21.1^\circ\text{C}$ ), its melting point is  $-129^\circ\text{C}$ , and its specific gravity is 1.65. The etching method using this gas is as follows. the deluted gas of HFA is introduced into a treatment chamber at the flow rate of 1:17.5 to 20, the gas is dissociated in a plasmic atmosphere, and the silicon oxide layer on the substrate to be treated in the treatment chamber is etched. Also, the hexafluoropropane oxide indicated by the chemical formula of  $\text{C}_3\text{F}_8\text{O}$  may be used besides the above-mentioned etching gas.

COPYRIGHT: (C)1997,JPO



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-129612

(43) 公開日 平成9年(1997)5月16日

(51) Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L	21/3065		H 0 1 L 21/302	F
C 2 3 F	1/12		C 2 3 F 1/12	
	4/00		4/00	E
			H 0 1 L 21/302	C

審査請求 未請求 請求項の数 4 F D (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平7-302139

(22) 出願日 平成7年(1995)10月26日

(71) 出願人 000219967

東京エレクトロン株式会社  
東京都港区赤坂5丁目3番6号

(72) 発明者 興石 公

山梨県韭崎市藤井町北下条2381番地の1  
東京エレクトロン山梨株式会社内

(74) 代理人 弁理士 金本 哲男 (外1名)

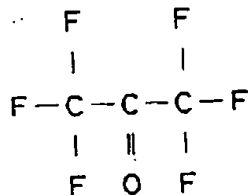
(54) 【発明の名称】 エッチングガス及びエッチング方法

(57) 【要約】

【課題】 被処理基板上の酸化シリコン系材料層をエッチングするにあたり、エッチングレート及びアスペクト比が高く、しかも肩落ちのないエッチング特性を得る。

【解決手段】 下記の構造式で示されるエッチングガスと、アルゴンガスとを1:10~30の流量比率で処理室内に導入し、プラズマ雰囲気の下で該処理室内の被処理基板上の酸化シリコン系材料層をエッチングする。

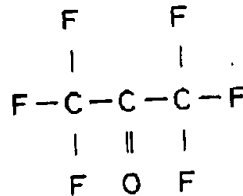
【化7】



## 【特許請求の範囲】

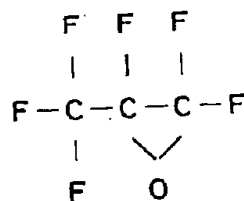
【請求項1】 下記の構造式で示されるエッチングガス。

【化1】



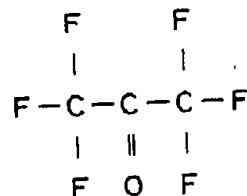
【請求項2】 下記の構造式で示されるエッチングガス。

【化2】



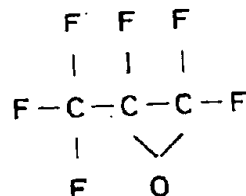
【請求項3】 被処理基板上の酸化シリコン系材料層をエッチングする方法であって、下記の構造式で示されるエッチングガスと、希ガスとを1:10~30の流量比率で処理室内に導入し、プラズマ雰囲気の下で該処理室内の被処理基板上の酸化シリコン系材料層をエッチングすることを特徴とする、エッチング方法。

【化3】



【請求項4】 被処理基板上の酸化シリコン系材料層をエッチングする方法であって、下記の構造式で示されるエッチングガスと、希ガスとを1:10~30の流量比率で処理室内に導入し、プラズマ雰囲気の下で該処理室内の被処理基板上の酸化シリコン系材料層をエッチングすることを特徴とする、エッチング方法。

【化4】



## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、被処理基板に対してエッチング処理をする際に用いるエッチングガス、及び当該エッチングガスを用いたエッチング方法に関する

ものである。

【0002】

【従来の技術】 今日、半導体デバイスの高集積化は益々進み、例えば0.3 $\mu\text{m}$ のコンタクトホールを高いアスペクト比で形成するためのエッチング技術が要求されており、とりわけ層間絶縁膜として広く使用されている酸化シリコン系材料層、例えばシリコン酸化膜(SiO<sub>2</sub>)を高い選択比でエッチングする技術が重要になってきている。またレジストの後退による僅少な寸法変換差も歩留まりに大きく影響するため、対レジストの選択比もまた重要である。

【0003】 他方、被処理基板、例えば半導体ウエハも益々大口径化してきており、それに伴って均一かつ微細な処理を行うために、枚葉式のエッチング装置が主流となってきているが、そうすると高スループットを確保するため、高速のエッチングレートも要求されている。かかる要請に応えるため、今日のエッチング装置は、高密度プラズマを処理室内に生成して、高速エッチングレートを確保するように構成されている。

【0004】 そして前記したシリコン酸化膜(SiO<sub>2</sub>)のエッチングに用いるエッチングガスとしては、いわゆるC<sub>x</sub>F<sub>y</sub>系ガスが一般的であり、その中でも高い選択比と高速エッチングレートとのバランスが良好な前記x:yが1:2のガス、例えばC<sub>4</sub>F<sub>8</sub>ガスが代表的である。前記CとFの比率が崩れると、カーボンデポが多く堆積してエッチングレートが低下したり、逆に選択比が低下したりする。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】 ところで前記したC<sub>4</sub>F<sub>8</sub>ガスは、一般に10mTorrを越えない低圧の下で使用されるがそうすると解離のコントロールが難しく、過剰なフッ素ラジカルによって選択比が低下したり、また逆にデポが付着してエッチングレートが低下するという問題があった。またバランスよく解離しても、今日要求されている高いスループット及び高い集積度を鑑みると、より高速なエッチングレート及び高いアスペクト比が望まれていた。さらに対レジストの選択比が良好であっても、例えばコンタクトホールを実際に形成した場合、クリティカルディメンション・ロス(CDロス)、即ち開口部の「肩落ち」が大きく、実質上の対レジストの選択比はさほど良好ではなかったのである。

【0006】 本発明はかかる点に鑑みてなされたものであり、その目的は、比較的高圧(10mTorr~100mTorr)での解離コントロールが容易で、しかもより高速なエッチングレート及び高いアスペクト比が得られるエッチングガス及び当該エッチングガスを用いたエッチング方法を提供して、前記問題の解決を図ることにある。

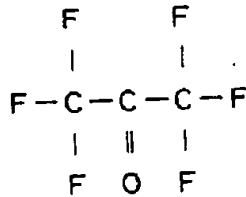
【0007】

【課題を解決するための手段】 前記目的を達成するた

め、請求項1に記載されたエッチングガスは、下記の構造式でされるものである。

【0008】

【化5】

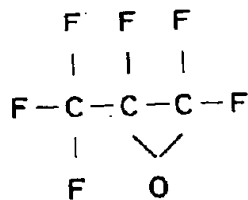


【0009】この請求項1のエッチングガスは、化学式が $\text{CF}_3\text{COCF}_3$ であり、化学名がヘキサフルオロアセトン（以下、「HFA」という）と称される。無色無臭の気体であり、沸点は $-26^\circ\text{C}$ 、蒸気圧は $4525.0 \text{ mmHg}$  ( $21.1^\circ\text{C}$ )、融点は $-129^\circ\text{C}$ 、比重は $1.65$ である（「The Sigma-Aldrich Library of Chemical Safety Data Edition II」参考）。

【0010】また請求項2に記載されたエッチングガスは、下記の構造式で示されるものである。

【0011】

【化6】



【0012】この請求項2のエッチングガスは、化学式が $\text{C}_3\text{F}_6\text{O}$ であり、化学名がヘキサフルオロプロペンオキシド（以下、「HFPO」という）と称される。無色無臭の気体であり、沸点は $-27.4^\circ\text{C}$ である。

【0013】さらに請求項3のエッチング方法は、前記HFA：希ガスの流量比を、 $1:10 \sim 30$ の流量比率、より好ましくは $1:17.5 \sim 20$ の流量比率で処理室内に導入し、プラズマ雰囲気の下でガス解離させて処理室内の被処理基板上の酸化シリコン系材料層をエッチングすることを特徴としている。

【0014】請求項4のエッチング方法は、被処理基板上の酸化シリコン系材料層をエッチングする方法であって、前記HFPOと希ガスとを $1:10 \sim 30$ の流量比率で処理室内に導入し、プラズマ雰囲気の下でガス解離させて該処理室内の被処理基板上の酸化シリコン系材料層をエッチングすることを特徴とするものである。なお本願請求項3、4でいう希ガスとしては、例えばアルゴンガス、ヘリウムガス、ネオンガスが挙げられる。

【0015】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を図に基づいて説明する。図1は、本実施形態に用いたエッチング装置1の断面を示しており、このエッチング装置1

における処理室2は、気密に閉塞自在な酸化アルマイト処理されたアルミニウムなどからなる円筒形状の処理容器3内に形成され、当該処理容器3自体は接地線4を介して接地されている。前記処理室2内の底部にはセラミックなどの絶縁支持板5が設けられており、この絶縁支持板5の上部に、被処理基板、例えば半導体ウエハ（以下、「ウエハ」という）Wを載置するための下部電極を構成する略円柱状のサセプタ6が、上下動自在に收容されている。

10 【0016】前記サセプタ6は、前記絶縁支持板5及び処理容器3の底部を遊貫する昇降軸7によって支持されており、この昇降軸7は、処理容器3外部に設置されている駆動モータ8によって上下動自在となっている。従ってこの駆動モータ8の作動により、前記サセプタ6は、図1中の往復矢印に示したように、上下動自在となっている。なお処理室2の気密性を確保するため、前記サセプタ6と絶縁支持板5との間には、前記昇降軸7の外方を囲むように伸縮自在な気密部材、例えばパッキン9が設けられている。

20 【0017】前記サセプタ6は、表面が酸化処理されたアルミニウムからなり、その内部には、温度調節手段、例えばセラミックヒータなどの加熱手段（図示せず）や、外部の冷媒源（図示せず）との間で冷媒を循環させるための冷媒循環路（図示せず）が設けられており、サセプタ6上のウエハWを所定温度に維持することが可能なように構成されている。またかかる温度は、温度センサ（図示せず）、温度制御機構（図示せず）によって自動的に制御される構成となっている。

30 【0018】前記サセプタ6上には、ウエハWを吸着保持するための静電チャック11が設けられている。この静電チャック11は、図2に示したように、導電性の薄膜12をポリイミド系の樹脂13によって上下から挟持した構成を有し、処理容器3の外部に設置されている高圧直流電源14からの電圧、例えば $1.5 \text{ kV} \sim 2 \text{ kV}$ の電圧が前記薄膜12に印加されると、その際に発生するクーロン力によって、ウエハWは静電チャック11の上面に吸着保持されるようになっている。

40 【0019】また前記サセプタ6内には、図2に示したように、サセプタ6内を上下動してウエハWを静電チャック11上からリフトアップ自在な、静電チャック11上にウエハWを授受するための支持部材としてのリフターピン20が複数本、例えば3本内設されている。

【0020】前記サセプタ6上の周辺には、静電チャック11を囲むようにして、平面が略環状の内側フォーカスリング21が設けられている。この内側フォーカスリング21は導電性を有する単結晶シリコンからなっており、プラズマをウエハWよりも大きく広げ、プラズマ中のイオンを効果的にウエハWに入射させる機能を有している。

50 【0021】前記内側フォーカスリング21の外周に

は、さらに平面が略環状の外側フォーカスリング22が設けられている。この外側フォーカスリング22は絶縁性を有する石英からなり、その外周上縁部は外側に凸の湾曲形状に成形されてガスが溜まず円滑に排出されるようになっている。この外側フォーカスリング22は、後述のシールドリング53と共に、サセプタ6と後述の上部電極51との間に発生したプラズマの拡散を抑制する機能を有している。

【0022】前記サセプタ6の周囲には、例えば絶縁性の材質からなるバッフル板23が配され、さらにこのバッフル板23の内周部は、石英の支持体等を介してボルト等の手段によってサセプタ6に固定されている。従って、サセプタ6の上下動に伴ってこのバッフル板23も上下動する構成となっている。このバッフル板23には多数の透孔23aが形成されており、ガスを均一に排出させる機能を有している。

【0023】前記処理室2の上部には、絶縁支持材31、アルミニウムからなる冷却部材32を介して、エッチングガスやその他のガスを処理室2内に導入するための拡散部材33が設けられている。またこの冷却部材32内の上には、冷媒循環路34が形成されており、外部から供給されるチラー（冷媒）が循環することによって、後述の上部電極51を所定温度にまで冷却する機能を有している。

【0024】前記拡散部材33は、図2にも示したように、下面側に上下二段のバッフル板35を持った中空構造を有しており、さらにこれら上下二段のバッフル板35の各々には、上下に重合しない位置となるように多数の拡散孔35aがそれぞれ形成されている。この拡散部材33の中央にはガス導入口36が設けられ、さらにバルブ37を介してガス導入口38が接続されている。そしてこのガス導入口38には、バルブ39、40及び対応した流量調節のためのマスフローコントローラ41、42を介して、ガス供給源43、44が各々接続されている。

【0025】そして前記ガス供給源43からは本実施形態にかかるエッチングガスであるHFAが供給自在である。また前記ガス供給源44からはアルゴン（Ar）ガスが供給自在である。

【0026】これらガス供給源43、44からの前記ガスは、前記ガス導入口38から前記導入口36、拡散部材33の拡散孔35aを通じて処理室2内に導入されるようになっている。また冷却部材32の下面には、吐出口50aが多数形成された冷却プレート50が密着しており、図2に示したように、拡散部材33のバッフル板35に形成されたバッフル空間S内のガスを、下方に均一に吐出させるようになっている。

【0027】前記冷却プレート50の下面には、サセプタ6と対向するように、上部電極51が固定されている。この上部電極51は導電性を有する単結晶シリコン

からなり、図示しないボルトによって前記冷却プレート50の下面周辺部に固着され、この冷却プレート50と導通している。またこの上部電極51にも、多数の吐出口51aが形成されており、前記冷却プレート50の吐出口50aと接続されている。従ってバッフル空間S内のガスは、この吐出口50aと上部電極51の吐出口51aを通じて、静電チャック11上のウエハWに対して均一に吐出されるようになっている。

【0028】上部電極51の下端周辺部には、前出の図示しない固定用のボルトを被うようにして、シールドリング53が配置されている。このシールドリング53は、石英からなり、前出外側フォーカスリング22と、静電チャック11と上部電極51との間のギャップよりも狭いギャップを形成し、プラズマの拡散を抑制する機能を有している。なおこのシールドリング53の上端部と処理容器3の天井壁との間には、フッ素系の合成樹脂からなる絶縁リング54が設けられている。

【0029】処理容器3の側面には、処理容器3内の真空度を検出する圧力センサ55が装着されている。このセンサ55で検出された真空度の検出信号は、後述のコントローラ74に入力され、処理容器3内の真空度は常時監視されている。

【0030】処理容器3の下部には、真空ポンプなどの真空引き手段61に通ずる排気管62が接続されており、サセプタ6の周囲に配置された前出バッフル板23を介して、処理室2内は、例えば10mTorr～100mTorrまでの任意の真空度にまで真空引きすることが可能となっている。

【0031】次にこのエッチング装置1の高周波電力の供給系について説明すると、まず下部電極となるサセプタ6に対しては、周波数が数百kHz程度、例えば800kHzの高周波電力を出力する高周波電源63からの電力が、整合器64を介して供給される構成となっている。一方上部電極51に対しては、整合器65を介して、周波数が前記高周波電源63よりも高い1MHz以上の周波数、例えば27.12MHzの高周波電力を出力する高周波電源66からの電力が、前出冷却部材32、冷却プレート50を通じて供給される構成となっている。

【0032】前記処理容器3の側部には、ゲートバルブ71を介してロードロック室72が隣接している。このロードロック室72内には、被処理基板であるウエハWを処理容器3内の処理室2との間で搬送するための、搬送アームなどの搬送手段73が設けられている。

【0033】次にこのエッチング装置1の制御系について説明すると、サセプタ6を上下動させる駆動モータ8、高圧直流電源14、サセプタ6内のリフターピン20、バルブ39、40、マスフローコントローラ41、42、真空引き手段61、高周波電源63、66はそれぞれコントローラ74によって制御されている。

【0034】本発明の実施の形態にかかるエッチング装置1の主要部は以上のように構成されており、コントローラ74による制御に基づいて例えばシリコンのウエハWの酸化膜( $\text{SiO}_2$ )に対してエッチング処理する場合の作用等について説明すると、まずゲートバルブ71が開放された後、搬送手段73によってウエハWが処理室2内に搬入される。このとき駆動モータ8の作動により、サセプタ6は下降し、リフターピン20が静電チャック11上に突き出たウエハW受け取りの待機状態にある。そして搬送手段73によって処理室2内に搬入されたウエハWは、静電チャック11上に突き出るリフターピン20上に受け渡される。こうしてウエハWをリフターピン20上に受け渡した後、搬送手段73は待避してゲートバルブ71は閉鎖される。

【0035】他方、ウエハWのリフターピン20上への受け渡しが終わると、駆動モータ8の作動によってサセプタ6は所定の処理位置、例えば上部電極51とサセプタ6と間のギャップが10mm〜20mmの間の所定の位置まで上昇し、同時にウエハWを支持しているリフターピン20はサセプタ6内に下降する。こうして、図2に示すように、ウエハWが静電チャック11上に載置された状態となる。そして高圧直流電源14から所定の電圧が静電チャック11内の導電性の薄膜12に印加されて、ウエハWは静電チャック11上に吸着、保持される。

【0036】次いで処理室2内が、真空引き手段61によって真空引きされていき、所定の真空度になった後、ガス供給源43、44からエッチング処理に必要なガスが所定の流量で供給され、処理室2の圧力が所定の真空度、例えば20mTorrに設定、維持される。

【0037】次いで上部電極51に対して高周波電源66から周波数が27.12MHz、パワーが例えば2kWの高周波電力が供給されると、上部電極51とサセプタ6との間にプラズマが生起される。また同時に、サセプタ6に対しては高周波電源64から周波数が800kHz、パワーが例えば1kWの高周波電力が供給される。

【0038】そして発生したプラズマによって処理室2内の処理ガスが解離し、その際に生ずるエッチャントイオンが、サセプタ6側に供給された相対的に低い周波数の高周波によってその入射速度がコントロールされつつ、ウエハW表面のシリコン酸化膜( $\text{SiO}_2$ )をエッチングしていく。

【0039】この場合、本実施形態においては、既述したようにエッチングガスとしHFAを用いているので、

まず高速なエッチングレートが得られる。また例えばコンタクトホールのエッチングの場合、従来よりも高いアスペクト比がえられる。

【0040】しかもレジストに対しては、肩落ちのない好ましいエッチング特性が得られる。即ち従来の代表的なエッチングガスである $\text{C}_4\text{F}_8$ を用いて $\text{SiO}_2$ にコンタクトホール形成のためのエッチングを行った場合、図3に示したように、レジスト81の開口部82周縁が削り取られてしまい(図中の破線で囲まれた部分Mで示す)、対レジストの選択比自体の値が高い値を示しても、実用上はそれより低い値の選択比でしかなかった。

【0041】この点、本実施形態にかかるHFAを用いた場合には、図4に示したように、レジスト83の開口部84の周縁部が削られない良好な形状のエッチング特性が得られる。従って、HFAを用いたときの対レジストの選択比の見かけ上の値は、例えば従来の $\text{C}_4\text{F}_8$ と同等かあるいはそれより低くても、実用上は従来と同等以上のものが得られる。

【0042】なお前記実施形態に用いたエッチングガスは、HFAであったが、これに代えて既述した $\text{HFPO}$ (ヘキサフルオロプロペンオキシド)を用いても、従来の $\text{C}_4\text{F}_8$ よりも高速のエッチングレートが得られ、しかも前記HFAの場合と同等な対レジスト選択比、アスペクト比、CDロス特性が得られる。

【0043】また前記エッチング処理の際には、HFAと共に適宜Arガスを混合して、エッチング処理したが、この場合の流量比率は、HFA:Arガスの比率を1:10〜1:30の流量比率に設定すれば、デポの少ない良好なエッチング特性が得られる。

【0044】

【実施例】前記実施形態で用いたエッチング装置1を用いて、エッチングガスとして従来の $\text{C}_4\text{F}_8$ 、HFA、 $\text{HFPA}$ を各々使用した場合のシリコン酸化膜( $\text{SiO}_2$ )にコンタクトホールを形成するエッチングの際の、エッチングレート、対レジスト選択比、CDロス比の特性を表1に示す。なおこれらエッチングガスと混合ガスであるArガスとの流量比率はいずれも1:17.5に設定した。また処理室2内の圧力は、20mTorr、高周波電源66の周波数は27.12MHz、パワーは2kW、高周波電源63の周波数は800kHz、パワーは1kWである。なお表1中、CDロスの○印は肩落としがないことを示し、△印は肩落ちがあったことを示す。

【0045】

【表1】

10

20

30

40

	エッチングレート (Å/min)	対レジスト選択比	アスペクト比	CDロス
C <sub>4</sub> F <sub>8</sub>	7000~8000	8~9	5~7	△
HFA	10000以上	5~6	7以上	○
HFPO	9000~10000	5~6	7以上	○

表1

【0046】これによれば、HFA、HFPOとも、C<sub>4</sub>F<sub>8</sub>よりも高速なエッチングレートを実現しており、しかもアスペクト比についてもC<sub>4</sub>F<sub>8</sub>よりも良好である。また肩落ちがない良好なエッチング特性を得ていることが確認できる。対レジスト選択比については、見かけ上の値についてはC<sub>4</sub>F<sub>8</sub>よりも小さいが、前記したように、肩落ちのない良好なエッチング特性であるから、実用上はC<sub>4</sub>F<sub>8</sub>と同等以上を確保している。

【0047】

【発明の効果】請求項1、2の発明によれば、10mTorr~100mTorrという比較的高圧での解離コントロールが容易であり、しかも従来のC<sub>4</sub>F<sub>8</sub>よりも高速なエッチングレート及び高いアスペクト比が得られる。また例えばエッチング形状についてみても、肩落ちのない良好なエッチングが行える。請求項3、4のエッチング方法に従ってエッチングを行えば、前記請求項1、2の効果に加えて、デポジションが少ないという効果が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態に用いたエッチング装置の

断面説明図である。

【図2】図1のエッチング装置における上部電極付近の要部拡大説明図である。

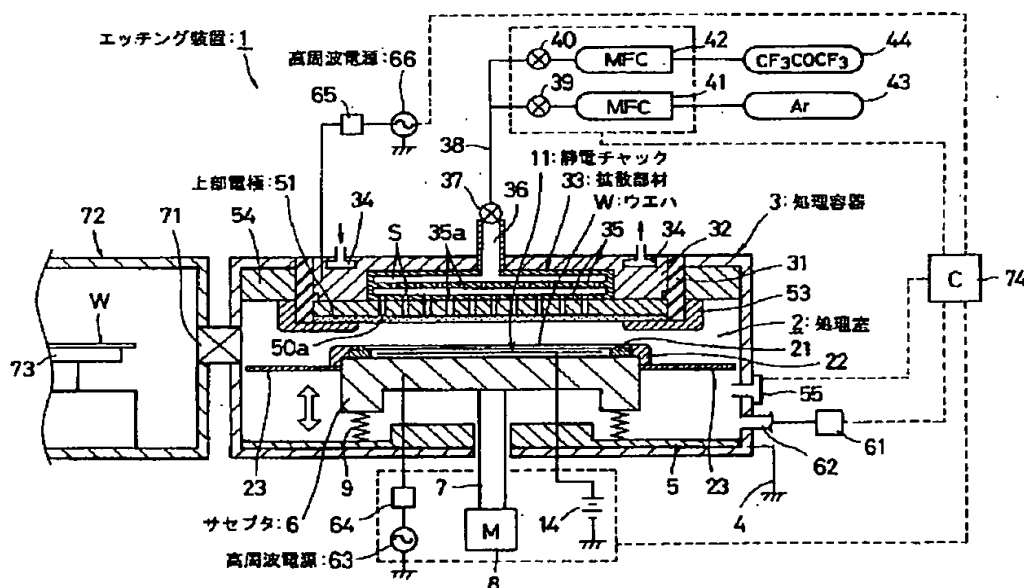
【図3】従来のC<sub>4</sub>F<sub>8</sub>でウエハ上のシリコン酸化膜にコンタクトホールのエッチングを行った際の拡大縦断面図である。

【図4】本発明の実施形態にかかるHFAでウエハ上のシリコン酸化膜にコンタクトホールのエッチングを行った際の拡大縦断面図である。

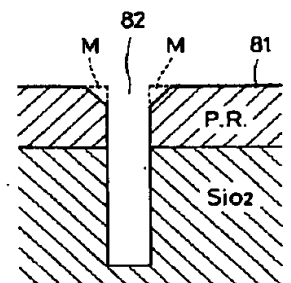
【符号の説明】

- 1 エッチング装置
- 2 処理室
- 3 処理容器
- 6 サセプタ
- 11 静電チャック
- 43、44 ガス供給源
- 51 上部電極
- 61 真空引き手段
- 63、66 高周波電源
- W ウエハ

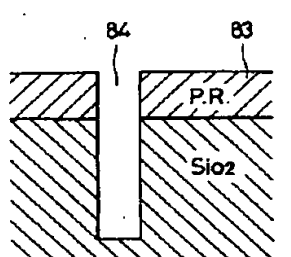
【図1】



【図3】



【図4】



【図2】

